# Erdbeben in Deutschland

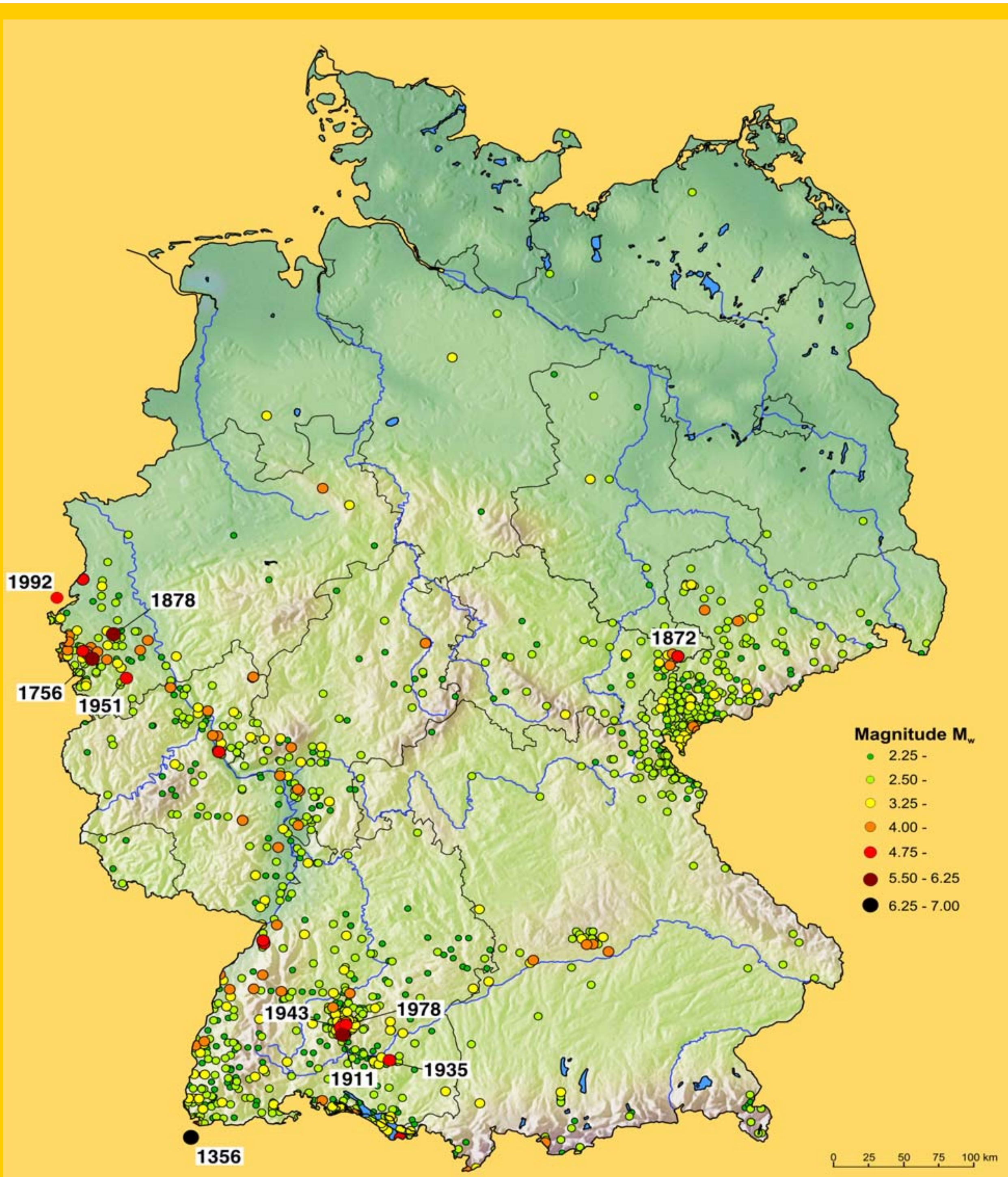


**Deutsche Gesellschaft für Erdbebeningenieurwesen und Baudynamik e.V.**

**Homepage: www.dgeb.org** **Kontakt: dgeb@lbb.rwth-aachen.de**

# Gefährdung

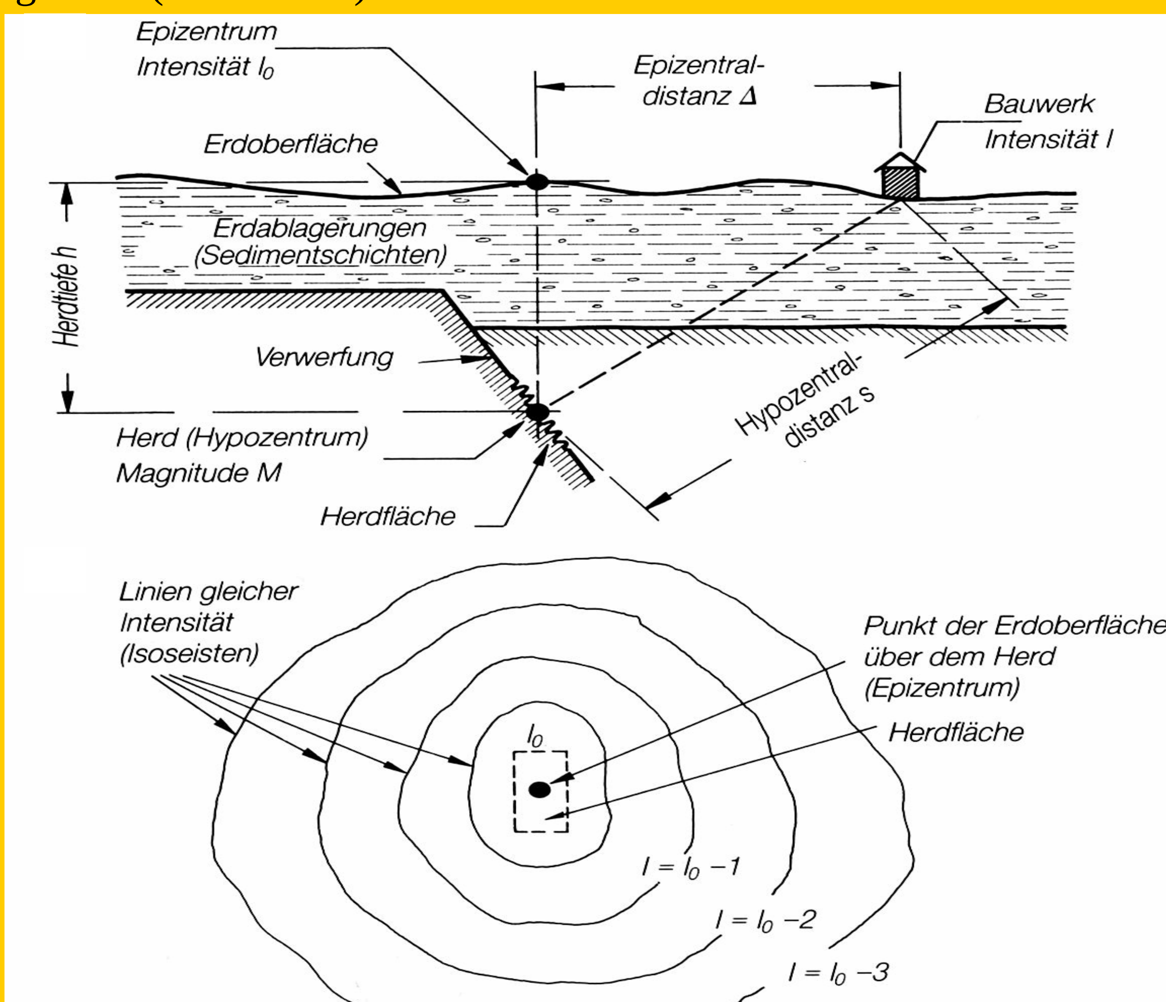
## Erdbeben-Epizentren



# Wirkungskette

## Erdbeben - Untergrund - Bauwerk

Erdbeben sind Bruchvorgänge an geologischen Verwerfungen in der Tiefe der Erdkruste. Der Bruchvorgang eines Bebens beginnt am Hypozentrum und breitet sich über eine Herdfläche hinweg aus. Die Magnitude des Bebens ist ein Maß für die seismische Energie, die vom Erdbebenherd ausgeht. Die Intensität der Bodenerschütterung an der Erdoberfläche nimmt vom Epizentrum mit zunehmender Entfernung ab (Abb. oben). Linien gleicher Intensität werden in Isoseistenkarten dargestellt (Abb. unten).




Quelle: Erdbebenfibel B-W

# Erdbebenskalen

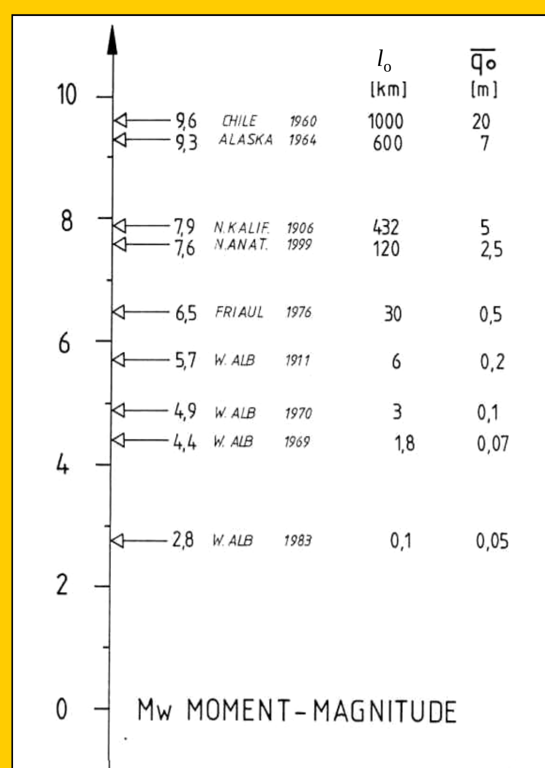
## Intensität und Magnitude

## Intensität

- Phänomenologische Klassifizierung der Stärke der Bodenerschütterungen bei Erdbeben an Hand der Auswirkung auf Menschen und Objekte und an Hand des Ausmaßes von Gebäudeschäden vor Ort.
- Die Intensität in einer Ortschaft hängt u.a. ab von der Entfernung zum Beben und vom geologischen Untergrund.
- Intensitätsskalen haben in der Regel 12 Grade (siehe z.B. S. 5).

## Magnitude

- Aus gemessenen Seismogrammen berechnetes Maß für die Stärke (seismische Energie) eines Bebens auf der Richterskala.
- Die Richterskala ist logarithmisch aufgebaut. Bei Zunahme um 1 Einheit wächst die Amplitude der Bodenbewegung um den Faktor 10 und die Energie um den Faktor 30.
- Die Momentmagnitude $M_w$ ist eine spezielle Form der Magnitude, die zur Herdlänge und zur Gesteinsverschiebung am Herd in Beziehung steht.




Erdbebenskalierung mit der Momentmagnitude $M_W$
$l_o$= Herdlänge
$\overline{q}_o$= Gesteinsverschiebung

# Intensitätsskala
## Europäische Makroseismische Skala (EMS)

| EMS Intensität | Definition | Beschreibung der maximalen Wirkungen (stark verkürzt) |
|---|---|---|
| I | **nicht fühlbar** | Nicht fühlbar. |
| II | **kaum bemerkbar** | Nur sehr vereinzelt von ruhenden Menschen wahrgenommen. |
| III | **schwach** | Von wenigen Personen in Gebäuden wahrgenommen. Ruhende Personen fühlen ein leichtes Schwingen oder Erschüttern. |
| IV | **deutlich** | Im Freien vereinzelt, in Gebäuden von vielen Personen wahrgenommen. Einige Schlafende erwachen. Geschirr und Fenster klirren, Türen klappern. |
| V | **stark** | Im Freien von wenigen, in Gebäuden von den meisten Personen wahrgenommen. Viele Schlafende erwachen. Wenige werden verängstigt. Gebäude werden insgesamt erschüttert. Hängende Gegenstände pendeln stark, kleine Gegenstände werden verschoben. Türen und Fenster schlagen auf oder zu. |
| VI | **leichte Gebäudeschäden** | Viele Personen erschrecken und flüchten ins Freie. Einige Gegenstände fallen um. An vielen Häusern, vornehmlich in schlechterem Zustand, entstehen leichte Schäden wie feine Mauerrisse und das Abfallen von z.B. kleinen Verputzteilen. |
| VII | **Gebäudeschäden** | Die meisten Personen erschrecken und flüchten ins Freie. Möbel werden verschoben. Gegenstände fallen in großen Mengen aus Regalen. An vielen Häusern solider Bauart treten mäßige Schäden auf (kleine Mauerrisse, Abfall von Putz, Herabfallen von Schornsteinteilen). Vornehmlich Gebäude in schlechterem Zustand zeigen größere Mauerrisse und Einsturz von Zwischenwänden. |
| VIII | **schwere Gebäudeschäden** | Viele Personen verlieren das Gleichgewicht. An vielen Gebäuden einfacher Bausubstanz treten schwere Schäden auf, d.h. Giebelteile und Dachgesimse stürzen ein. Einige Gebäude sehr einfacher Bauart stürzen ein. |
| IX | **zerstörend** | Allgemeine Panik unter den Betroffenen. Sogar gut gebaute gewöhnliche Bauten zeigen sehr schwere Schäden und teilweisen Einsturz tragender Bauteile. Viele schwächere Bauten stürzen ein. |
| X | **sehr zerstörend** | Viele gut gebaute Häuser werden zerstört oder erleiden schwere Beschädigungen. |
| XI | **verwüstend** | Die meisten Bauwerke, selbst einige mit gutem erdbebengerechtem Konstruktionsentwurf und –ausführung, werden zerstört. |
| XII | **vollständig verwüstend** | Nahezu alle Konstruktionen werden zerstört. |

# Historische Erdbeben

## Beispiele

## Ausgewählte Schadensbeben in Deutschland

| Ort | Datum | Maximal-intensität | Beschädigte Gebäude | Folgen |
|---|---|---|---|---|
| Düren | 18.02.1756 | VIII | | Tote |
| Posterstein | 06.03.1872 | VII | | |
| Tollhausen | 26.08.1878 | VIII | | Tote |
| Albstadt | 16.11.1911 | VIII | | |
| Saulgau | 27.06.1935 | VII-VIII | 6.250 | 0,75 Mio RM |
| Albstadt | 28.05.1943 | VIII | | |
| Euskirchen | 14.03.1951 | VII-VIII | | |
| Albstadt | 03.09.1978 | VII-VIII | 6.850 | 275 Mio DM |
| Heinsberg | 13.04.1992 | VII | 1.300 | 80 Mio DM |

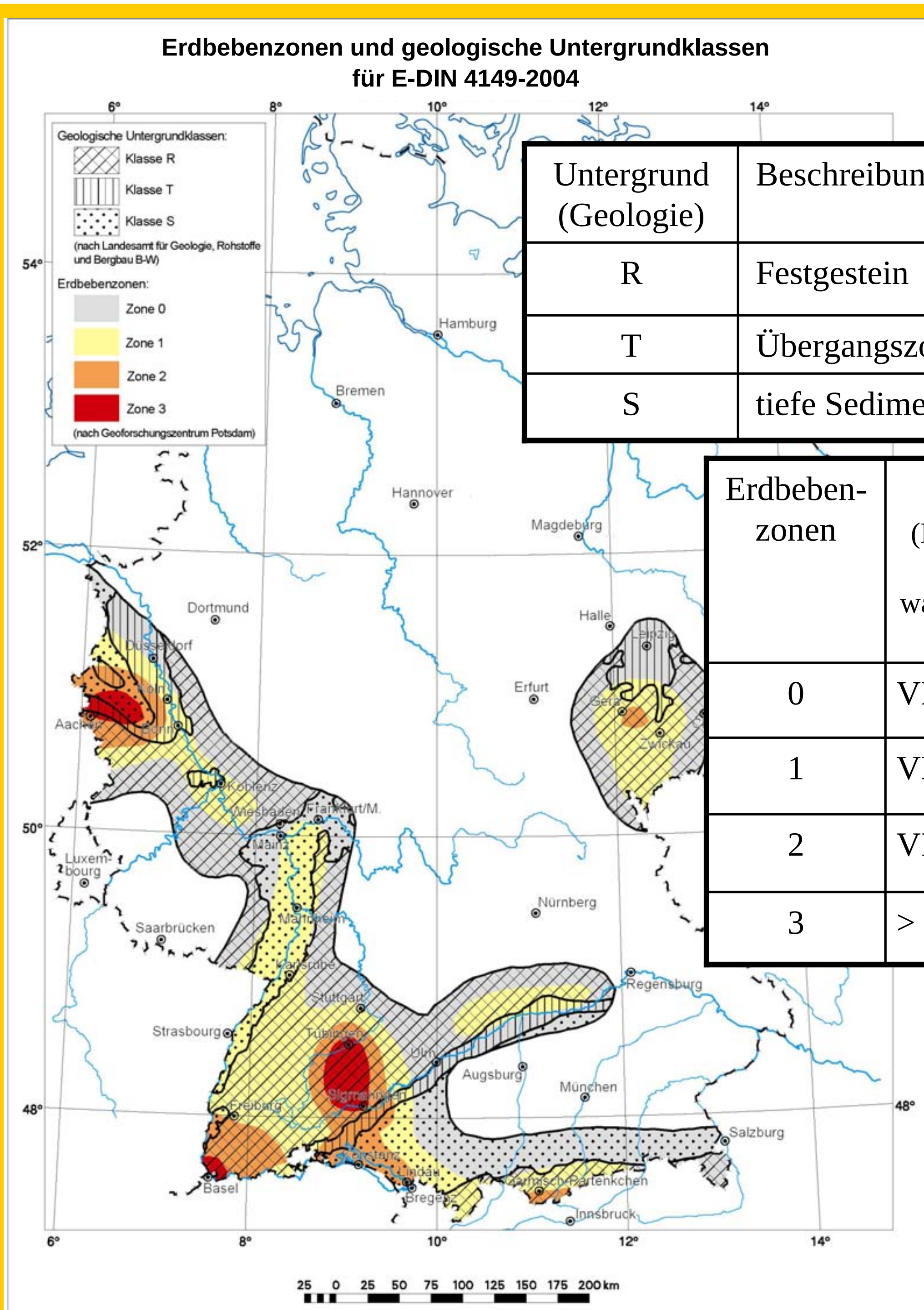
## Ausgewählte Schadensbeben in Nachbarländern

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Basel (CH) | 18.10.1356 | IX | | ca. 300 Tote |
| Neulengbach (A) | 15.09.1590 | VIII | | |
| Friaul (I) | 06.05.1976 | IX | | 965 Tote<br>3,6 Mrd US$ |

Schadensbeben der Stärke des Basel-Bebens von 1356 oder des Friaul-Bebens 1976 können auch in Deutschland stattfinden.

# Erdbebenzonen

# und Untergrundklassen



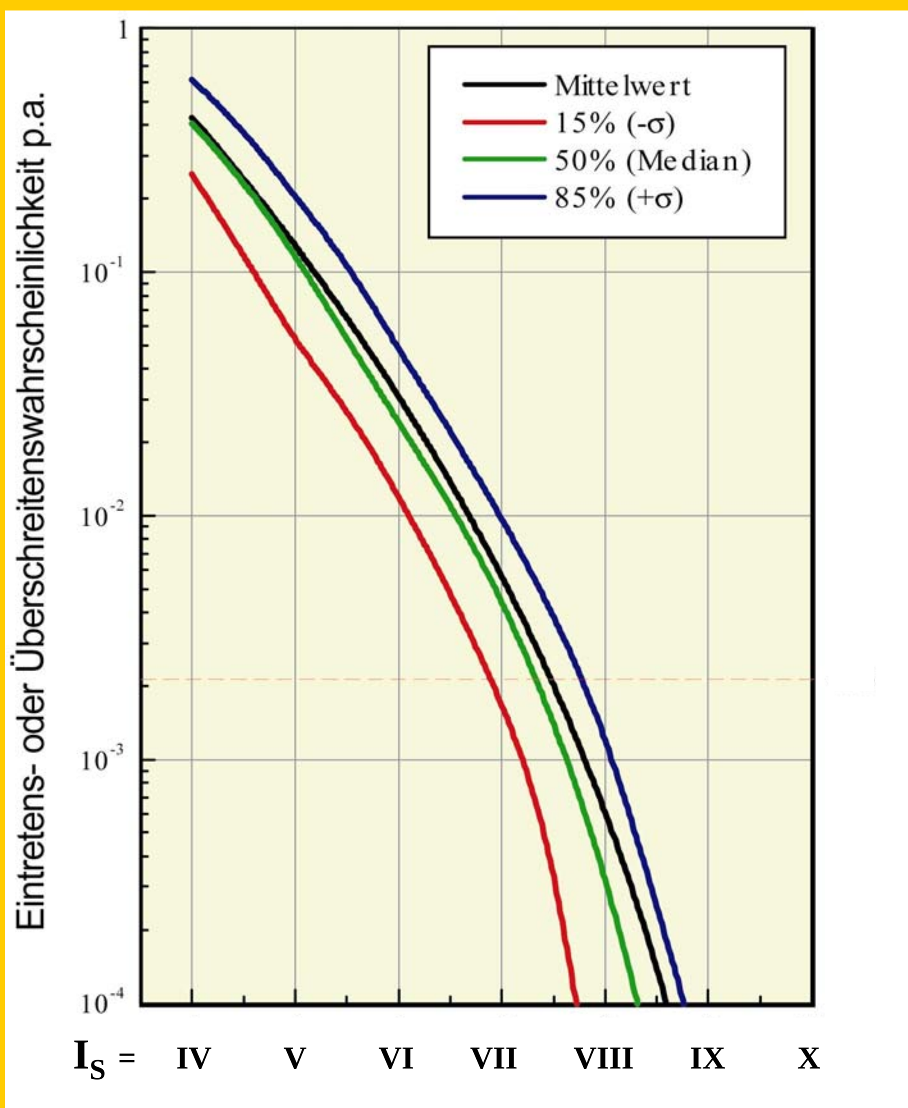

| Untergrund (Geologie) | Beschreibung |
|---|---|
| R | Festgestein |
| T | Übergangszonen |
| S | tiefe Sedimentbecken |

| Erdbeben-zonen | Intensität I (EMS-Skala, 10%-Überschreitens-wahrscheinlichkeit in 50 Jahren) |
|---|---|
| 0 | VI bis VI-VII |
| 1 | VI-VII bis VII |
| 2 | VII bis VII-VIII |
| 3 | > VII-VIII |

# Gefährdungskurven

## Eintretenswahrscheinlichkeit

Die Abbildung zeigt beispielhaft Gefährdungskurven mit Mittelwert und Fraktilen (Unsicherheitsbereiche von 15% bis 85%) für einen Standort in Deutschland. Die Kurven zeigen die jeweilige Standort-Intensität $I_S$, die für die betreffende jährliche Wahrscheinlichkeit erreicht oder überschritten wird.



# Vulnerabilitätsklassen
## nach der EMS-Skala

### Schadensklassifikation von Mauerwerksbauten

**Schadensgrade**

**D1**



**Grad 1: unwesentlicher bis geringer Schaden**
Haarrisse in sehr wenigen Mauern. Einzelne Teile vom Putz bröckeln ab. Nur selten fallen gelockerte Steine herunter.

**D2**



**Grad 2: mäßiger Schaden**
Risse in vielen Mauern. Größere Teile vom Putz bröckeln ab. Kamine fallen teilweise in sich zusammen.

**D3**



**Grad 3: beträchtlicher bis schwerer Schaden**
Lange und breite Risse in den meisten Mauern. Dachziegel lösen sich. Kamine fallen komplett in sich zusammen.

**D4**



**Grad 4: sehr schwerer Schaden**
Wände stürzen ein. Dächer und/oder einzelne Stockwerke brechen in sich zusammen.

**D5**



**Grad 5: Zerstörung**
Kompletter oder fast kompletter Zusammenbruch des Gebäudes.

## EMS-98:

**Beispiel für Intensitätsgrad VIII:**

**Vulnerabilitätsklasse B**
(typisch für unbewehrtes Mauerwerk):
*viele* Bauwerke erleiden **Schadensgrad D3**, *einige* **D4**

**Vulnerabilitätsklasse C**
(typisch für unbewehrtes Mauerwerk mit Stahlbeton-decken):
*viele* Bauwerke erleiden **D2**, *einige* **D3**

**Vulnerabilitätsklasse D**
(typisch für bewehrtes Mauerwerk):
*einige* Bauwerke zeigen **D2**

# Intensität und Schäden

## Schadensbeispiele

Typische Schäden bei den letzten beiden Starkbeben in Deutschland. Im Vergleich dazu ein Schadensbild des Friaul-Erdbebens von 1976 mit einer Stärke, wie sie in seltenen Fällen auch in Deutschland auftreten könnte.

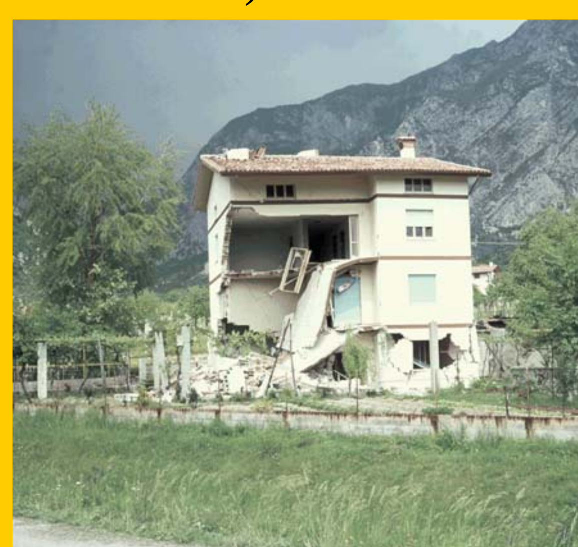




Albstadt 1978 (EMS VII-VIII)



Heinsberg 1992 (EMS VII)



Friaul 1976 (EMS IX)

# Naturkatastrophen

## Erdbeben im Vergleich



München, 2003

Quelle: Münchener Rück



Albstadt, 1978

Quelle: Medienstelle Zollernalbkreis



Dresden, 2002

Quelle: Technisches Hilfswerk

Im Vergleich zu anderen Naturgefahren wie Sturm und Überschwemmung sind Erdbeben in Deutschland kein Problem der Häufigkeit, sondern des Großschadenspotenzials bei sehr seltenen Ereignissen.

# Vorsorge

## Bauvorschriften und Rettungsdienste

### Erdbebensicherheit

Die erdbebensichere Bemessung und Ausführung von normalen Bauwerken ist in Deutschland durch die DIN 4149-1981 geregelt. Diese ist in vielen Bundesländern bauaufsichtliche Vorschrift. Eine Überarbeitung der DIN 4149 liegt im Entwurf vor (E-DIN 4149-2004).

Für Kernkraftwerke gelten Sonderregeln (KTA 2201).

Die Auslegung von sonstigen Industrieanlagen ist derzeit nicht verbindlich geregelt. Die Erdbebensicherheit bestehender Anlagen ist häufig nicht bekannt.

### Schutz und Rettung

Für den Katastrophenschutz sind zuständig:

- Innenministerien des Bundes und der Länder
- Katastrophenschutzeinrichtungen der Länder und Kommunen
- Technisches Hilfswerk, Feuerwehr und Rettungsdienste
- Rotes Kreuz

### Vorsorge

Im Deutschen Komitee für Katastrophenvorsorge (DKKV) arbeiten die zuständigen Institutionen zusammen, um den Katastrophenschutz in Deutschland zu verbessern.

# Vorsorge

## Handlungsbedarf (1)

### Messung und Forschung

- Modernisierung und Ausbau der Erdbebendienste
- Ausbau der Netze von Starkbebenmessgeräten
- Seismische Instrumentierung bedeutender Anlagen
- Neubewertung der historischen Bebentätigkeit und des seismogenen Potenzials (Paläoseismologie, historische Quellen)
- Einschätzung zu erwartender Eintretenswahrscheinlich-keiten von Starkbeben, einschließlich extremer Ereignisse
- Methodenentwicklung für Mikrozonierung und Standortuntersuchungen

### Information und Weiterbildung

- Schulung von Ingenieuren und Architekten
- Angebote von Lehrveranstaltungen
- Sachgerechte Unterrichtung der Öffentlichkeit

# Vorsorge

## Handlungsbedarf (2)

### Normung und Vorschriften

- Aktualisierung und verbindliche Umsetzung der DIN 4149 (entsprechend Eurocode 8) sowie weiterer erdbebenrelevanter Normen (z.B. DIN 19700 für Talsperren)
- Umsetzung der Euronormen zu Brücken, Behältern, Silos, Türmen u.a. Spezialbauwerken
- Aktualisierung der Richtlinien für bauliche Anlagen mit erhöhtem Risikopotential (Kernkraftwerke, Anlagen der Großchemie)

### Gefahren- und Risikoanalyse

- Bewertung der Erdbebentauglichkeit der in Deutschland vorherrschenden Bauweisen, Bestandsaufnahme der Bausubstanz in deutschen Großstadträumen
- Identifikation der im Katastrophenfall überlebenswichtigen Versorgungseinrichtungen, relevanten Bauwerke, Anlagen und Verkehrswege (*life-lines*)
- Überprüfung der Erdbebensicherheit von *life-line*-Bauwerken, Schulen, Hallen, Großbauwerken etc. wenigstens in den höheren Erdbebenzonen
- Probabilistische Gefährdungsanalysen und seismische Risikobetrachtungen (Schadenszenarien, Risikokarten)
- Erdbeben-Mikrozonierung in Großstadträumen und Standortuntersuchungen wichtiger Industrieanlagen

### Konzeption und Strategie

- Bereitstellung von Entscheidungsgrundlagen für Politik, Wirtschaft und Behörden
- Konzeptentwicklung zur Planung und Nutzung von Bauten und Anlagen mit hoher Erdbebengefährdung
- Entwicklung eines Prioritäten- und Maßnahmenplans

# Erdbeben in Deutschland

## Schadenspotenziale

Für die in Deutschland zu erwartenden Erdbebenintensitäten sind die Schädigungen im allgemeinen gering, wegen der Vielzahl der betroffenen Objekte sind die zu erwartenden Gesamtschäden aber erheblich. Eine Wiederholung des Bebens von 1978 bei Albstadt würde heute bereits Kosten von ca. 0,5 Mrd. € verursachen. Bei einem Beben z.B. der Magnitude 6,4 mit Epizentrum nahe Köln könnten die versicherten Schäden nach Angaben der Münchener Rückversicherung die Größenordnung von 20 bis 30 Mrd. € erreichen.

## Quellennachweis


**Seite 2:** Grünthal, G.: Wo in Deutschland die Erde bebt. Nationalatlas Bundesrepublik Deutschland, Band 2, S. 44-45, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, 2003.

**Seite 3:** Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (Hrsg.): Erdbebensicher Bauen, Planungshilfe für Bauherren, Architekten und Ingenieure, Stuttgart, 5. Aufl., 2001. („Erdbebenfibel BW“)

**Seite 5 u. 9:** Grünthal, G. (Ed.): European Macroseismic Scale 1998. Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, Volume 15, 99 pp., Luxembourg, 1998.

**Seite 12:** DIN4149, Bauten in deutschen Erdbebengebieten: Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten, Beuth-Verlag, Berlin, April 1981.

**Seite 15:** Allmann, A., Rauch, E., Smolka, A., New paleoseismological findings on major earthquakes in Central Europe: Possible consequences for the earthquake loss potential in Germany, 11th European Conference on Earthquake Engineering, Balkema, Rotterdam, 1998.

**Bilder auf den Seiten 1, 10 und 11:** Landesstelle für Bautechnik Baden-Württemberg und Kreismedienstelle Zollernalbkreis, Albstadt


## Impressum


Verantwortlich für den Inhalt dieser Broschüre ist der Vorstand der Deutschen Gesellschaft für Erdbebeningenieurwesen und Baudynamik e.V. (DGEB)
1. Auflage, 2004

# Deutsche Gesellschaft für Erdbeben-Ingenieurwesen und Baudynamik (DGEB)

Die Deutsche Gesellschaft für Erdbebeningenieurwesen und Baudynamik (DGEB) e.V. (German Society of Earthquake Engineering and Structural Dynamics) ist eine wissenschaftlich-technische Vereinigung von Ingenieuren und Seismologen. Zweck der 1983 gegründeten Gesellschaft ist die uneigennützige Gewinnung und Verbreitung neuer Erkenntnisse auf dem Gebiet des Erdbebeningenieurwesens und der Baudynamik. Das Sachgebiet umfasst die Erdbebenwirkung und alle weiteren Schwingungsprobleme im Hochbau, Tiefbau, Maschinen- und Anlagenbau.

Die Gesellschaft hat sich zum Ziel gesetzt, die Kontakte und die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Ingenieuren und Seismologen, sowie zwischen Vertretern der Behörden und der Wirtschaft auf dem Gebiet des Erdbebeningenieurwesens und der Baudynamik weiter zu entwickeln und zu intensivieren. Dazu führt sie regelmäßig Fachtagungen durch. Zusammen mit den Schwestergesellschaften in Österreich (OGE) und in der Schweiz (SGEB), der sogenannten D-A-CH-Gruppe, wird ein Mitteilungsblatt als Teil der Zeitschrift „Bauingenieur“ herausgegeben. Ferner gibt die Gesellschaft eigene Publikationen, die so genannte „Gelbe Reihe“, sowie Hefte mit wissenschaftlich-technischen Veröffentlichungen heraus. Aktuelle Nachrichten sind auf ihrer Homepage www.dgeb.org abrufbar.

Die DGEB ist Mitglied der International Association for Earthquake Engineering (IAEE) und der European Association for Earthquake Engineering (EAEE) sowie des Earthquake Engineering Research Institute (EERI).

In zweijährigem Rhythmus vergibt die DGEB seit 1998 einen Förderpreis in Höhe von € 1500.-- für innovative Arbeiten auf dem Gebiet des Erdbebeningenieurwesens, der Ingenieurseismologie und verwandten Bereichen. Mit diesem Preis sollen vor allem herausragende junge Wissenschaftler/innen ausgezeichnet werden, deren Arbeiten dem Grenzbereich des Erdbebeningenieurwesens und der Ingenieurseismologie zuzuordnen sind.

Weitere Informationen siehe unter **www.dgeb.org**